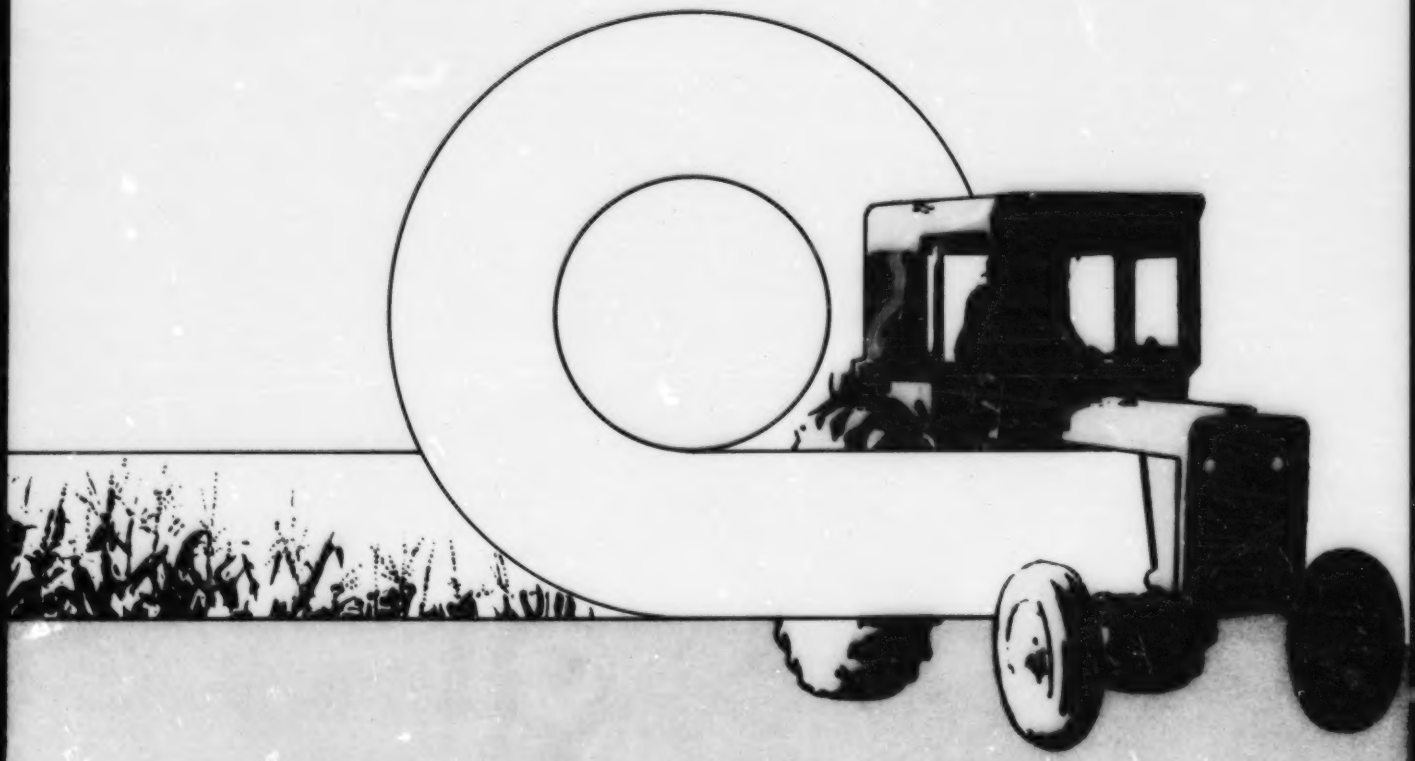
FARM-SCALE PRODUCTION AND USE OF FUEL ALCOHOL

opportunities and problems



Agriculture Canada

Publication 1712 E

FARM-SCALE PRODUCTION AND USE OF FUEL ALCOHOL

opportunities and problems

PUBLICATION 1712, available from
Information Services, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Minister of Supply and Services Canada 1980
Cat. No. A15-1712/1980 ISBN: 0-662-50933-1
Printed 1980 Reprinted 1981 20M-4 81

FARM-SCALE PRODUCTION AND USE OF FUEL ALCOHOL Opportunities and Problems

INTRODUCTION

Recent publicity of "gasohol" and "on-farm production of alcohol fuels" programs in the United States has many Canadian farmers considering the possibility of alcohol (ethanol) production. Can this be profitable and provide a measure of energy self-sufficiency on the farm? This is one of the many questions you must ask before deciding to produce and use alcohol fuel.

There are both potential opportunities and possible problems. Not all opportunities will apply to you, nor will you find all problems insurmountable. You have to carefully weigh all considerations before making a decision. The process is not beyond the scope of a farm, but you must understand it if you are to make it work.

Remember, hazards are involved in both alcohol production and storage, and this publication discusses some of the recommended safety precautions. Most farmers are already familiar with such hazards, as they routinely handle other dangerous chemicals and fuels.

GENERAL OUTLINE OF THE PROCESS

There is *no single recipe or recommended process* for alcohol production. The choice must be tailored to the resources (feedstock and energy), capital investment, byproduct use, and alcohol use of each individual producer. In general, the following steps are required:

1. Prepare feedstock by crushing or milling (cereal grains, corn, etc.), chopping (potato, Jerusalem artichoke) or squeezing to extract sugar juices (sugar beet, sweet sorghum, fruits).
2. Convert starch to sugar (in all but sugar crops). This is accomplished by adding water, enzyme (barley malt or commercial enzymes), adjusting the pH (acidity) by adding acid or alkali, and cooking for a specified time. The exact procedure is provided by the company supplying the enzyme.
3. Add water so that the final concentration of sugar in the "mash" is about 20-22%. Although cooking kills many of the microorganisms that can lower alcohol yield, it may be desirable to sterilize the mash.
4. To ensure maximum rate of ethanol production, adjust the acidity to pH 4-5, and hold the temperature at 27-32°C. Small amounts of nutrients such as urea or ammonium salts may have to be added.
5. Add yeast to the mash in a closed tank (fermenter) and allow it to ferment for 2 to 3 days (it can take up to 6 days or longer if there are problems with the yeast, pH, temperature or nutrient composition). Make provision for carbon dioxide to escape while preventing air from entering. (About 1 m^3 of CO_2 is produced for every 2 L of alcohol).
6. When fermentation is complete, the fermenter will contain a mixture of 10-12% alcohol and water ("beer") plus a residue ("spent mash"). You can separate the beer from the solids at

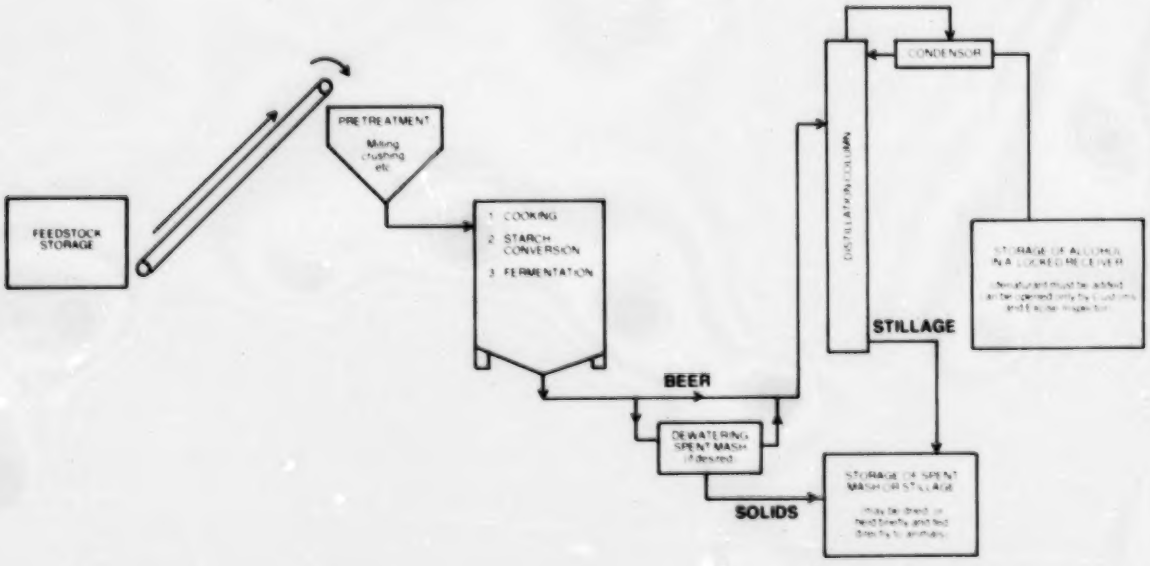


Figure 1. Simple flow diagram of one form of the process

this time or transfer the mixture "as is" to a distillation apparatus (still) where the alcohol is separated from the "whole stillage".

7. The spent mash or stillage is either dried to prevent spoilage when stored, or fed directly to livestock as part of the feed ration. If fed directly, it can be partially dewatered (by centrifuge, filter press or other means) to reduce the amount of water consumed in the feed, although some soluble nutrients will be lost.

The major energy inputs for the process occur at the cooking and distillation stages (and for drying of stillage, if required). The fermentation creates some heat and, if the ambient temperature is high (e.g. a hot summer day), provide a cooling system.

POTENTIAL OPPORTUNITIES

On-farm production of alcohol can give some independence from traditional fuel sources. Though not commercially available in Canada, engines that run on 100% alcohol or mixtures of alcohol and water ("aquahol") are being developed. Some individuals have been successful at modifying gasoline and diesel engines to run on various combinations of fuel (gasoline or diesel), alcohol and water. Companies are developing conversion kits for existing engines. If it is economic to do so, you can mix up to 10% (perhaps even 20%) of anhydrous (water-free) alcohol produced on the farm with gasoline and use this in gasoline engines without major engine modification. The mixture ("gasohol") appears to cause no damage to the engine, although long-term effects are not precisely known. Alcohol can also provide a source of fuel to dry grain and to heat buildings, greenhouses, and water. However, it makes better sense to directly burn straw, stover or wood for such heating.

Low-cost steel or fiberglass rather than stainless steel may be used for some components of the alcohol production system to reduce capital costs. However, because of possible hazards and rapid wear due to corrosion, stainless steel is recommended for most of the components, especially the distillation apparatus. Many individuals will be capable of building some of the components themselves. Odor, clarity and the bitter taste of fusel oils (higher alcohols) are not concerns in fuel alcohol production.

When practical, crop residues (straw, stover) or wood may be used to fire a steam boiler for the distillery.

Unsold crop inventory, distressed grains and other low-quality produce such as potato culls may be used to produce alcohol.

On a cash crop/livestock farm, you may convert part of the crop to alcohol, and use the wet spent mash or stillage, that is high in protein, as livestock feed.

Cooperative development of a central alcohol production plant is a possible way to increase production and balance alcohol and feedstock supply versus alcohol demand, while lowering costs to individual producers. The cooperative or other business arrangement will let the producers hire a qualified person to operate the system, avoiding many, though not all, of the technical problems that will be encountered.

An integrated approach might be to produce alcohol in association with a methane digester using livestock wastes. Methane could supply some of the energy needed by the digester and the cooking/distillation operations. However, farm-scale methane (or anaerobic) digestion has not yet proven profitable in Canada.

Better cost-effective technologies for both the production and end-use of alcohol fuels are cur-

Table 1 Potential Alcohol Yield From Field Crops*

Crop	Yield (L/t)
Starch	680
Sugar	610
Spring wheat	380
Winter wheat	410
Oats	270
Barley	390
Mixed grains (west)	350
Mixed grains (east)	330
Rye	390
Corn	430
Buckwheat	350
Peas, beans	350
Potatoes	110
Field roots	30
Sugar beets	70

*Yield assumes a maximum theoretical conversion efficiency to alcohol of 95%. The efficiency on farms would more likely be 50 to 85%.

rently being developed. Whether these technologies will become applicable on the farm remains to be seen. Potential producers are faced with the decision to either build their alcohol plants now to take early advantage of farm-produced fuel, or to wait and take advantage of better technologies as they become commercially available.

POTENTIAL PROBLEMS AND OTHER CONSIDERATIONS

To date, there is little experience of on-farm production of alcohol. The United States program is still in its infancy. Although there is a large number of new suppliers of alcohol production equipment on the United States market, some are less than reputable. Before buying from any company, check their "track record" and guarantees thoroughly.

Capital cost estimates for alcohol production facilities including fermenter, still, crushing apparatus, and storage are not firmly established. For a 100-900 L/day operation, the capital cost will range from a minimum of $10 000 for a manual facility to more than $100 000 for a completely automated operation. In addition to the interest paid on capital, you must consider the loss in revenue from not selling that portion of crop that goes into alcohol production, plus the additional costs of depreciation, operation, energy inputs, chemicals, enzymes, insurance, licensing, bonding, management time and labor. Feeding the wet spent mash to livestock will offset some of the costs. The farm is a business operation, so that other opportunities for investment, labor, time and feedstock play an important role in the decision to produce alcohol. *Do not begin alcohol production as a business venture on the farm without a great deal of economic planning.*

In determining the size of operation for a particular farm, you must answer three basic questions:

1. How much alcohol fuel can the farm use?
2. How much fuel can be produced from available feedstocks?
3. Are there enough animals on the farm or nearby that can use the spent mash byproduct as feed?

Credit may be difficult to obtain since lending agencies have no experience in financing small-scale farm distilleries. This is because of uncertainties about finding markets for surplus denatured fuel-grade alcohol, as well as about the technology of production and end-use in existing farm equipment. The economic risk is not well defined.

Experience in the United States has shown that learning to produce alcohol can be expensive and frustrating. Unexpected technical difficulties can arise with both fermentation and distillation. For example, "bad" fermentation batches are sometimes encountered. Soluble proteins and solids in the beer will foul up the trays in the distillation column so that periodic cleaning (every 2 or 3 days) will be required. Accidental spills of unfermented or spent mash increase the possibility that the fermentation will be contaminated by unwanted organisms. Good housekeeping is of extreme importance. The farmer who has done his homework properly will be best able to overcome these obstacles. Therefore, try to obtain some knowledge of chemistry, engineering, microbiology and plumbing.

Under present legislation, alcohol must be collected in a "locked receiver" which can only be opened by a customs and excise inspector. The alcohol must also be denatured (made undrinkable) by adding a prescribed chemical if it is to be exempt from excise duty. A distiller's license ($250/year) is required as well as a surety bond for a minimum of $200 000. (This type of bond costs $500/year.) Changes in this legislation to reduce the bonding and licensing requirements for experimental fuel-grade alcohol production are presently being considered. Additional information can be obtained from the regional directors, Customs and Excise, that are listed in the back of this publication.

It takes more actual energy to produce alcohol than we get back when we burn the alcohol. On the farm, however, this "negative energy balance" turns out to be very favorable if only gasoline and diesel, the very fuels that alcohol would replace, are counted as energy inputs. Furthermore, the use of low-value feedstocks (surplus or distressed produce, culls, etc.), crop residues or wood to produce energy for cooking and distillation help make the balance even more favorable.

A word of caution: Unsold surplus crops may not be relied upon every year. If crop prices rise, alcohol becomes in effect more expensive to produce. A continuous supply of feedstock and crop residues for a yearlong operation requires proper handling and storage facilities, an additional capital investment. Crop residues can only be collected from the fields within allowable limits for soil management and protection. Also to be considered are the extra capital, time, labor, and fuel required to collect residues.

Feeding wet spent mash or stillage to livestock is obviously a valuable economic opportunity. Also, the amount of energy saved by not drying this byproduct is significant. In general, a mature cow can daily consume the stillage byproduct from 4.5 L of alcohol production (feeder calf, from 3.2 L; pig, from 1.8 L; chicken, from 0.2 L). However, wet spent mash spoils and loses nutrients quickly, and must be fed to livestock within a day or two. Therefore, it should be produced in daily amounts no greater than can be fed to the animals. Because of the unique taste of spent mash, high-production animals may go "off feed" if it is fed intermittently. Refrigeration or added preservatives (these have not yet been defined) would help alleviate these problems. Whole stillage (10% solids) can be fed directly without partial dewatering, but in general,

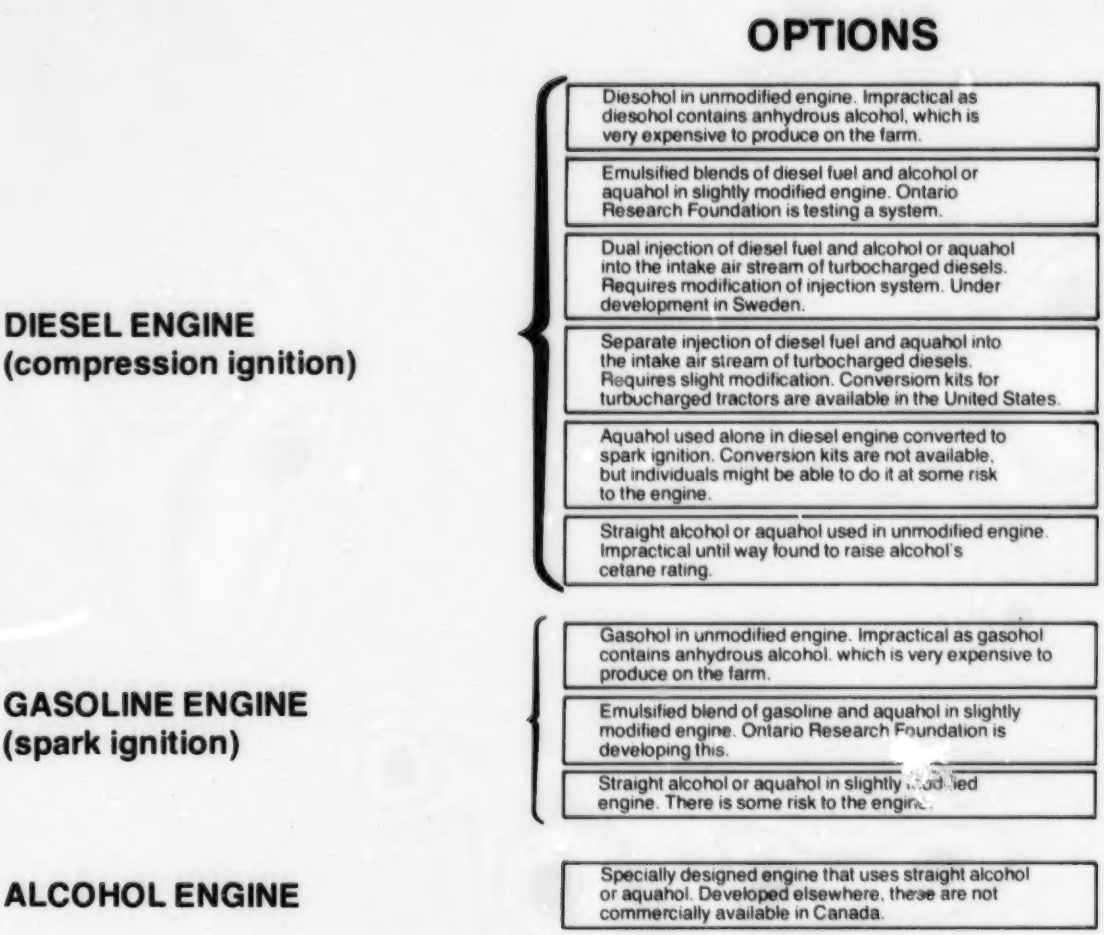


Figure 2. Use of alcohol in engines

water should not exceed four times the solids intake in the total ration. This varies according to type and weight of animal. Spent mash, if it's a byproduct of the fermentation of moldy grains, should not be fed to animals. It contains the original toxins (i.e. poisons) of the moldy grains.

USE OF ALCOHOL IN ENGINES

Figure 2 shows some of the options for alcohol fuel use. "Diesohol" (a mixture of alcohol and diesel fuel) is impractical for farm use. Alcohol and diesel fuel do not mix unless both fuels are virtually water-free, and are kept that way. Though not as critical as diesohol, "gasohol" (alcohol and gasoline) will tolerate only a small amount of water before the mixture separates into two phases. This problem becomes especially critical during cold weather. Distillation can produce alcohol up to 95.6% pure, but removing the remaining 4.4% water requires additional energy inputs plus a major capital investment. Though not commercially available, new techniques are being developed that use much less energy.

To combat the phase separation problem when water is present, a number of interesting possibilities are under development. These include chemical additives, emulsification of aquahol and diesel fuel or gasoline just before injection, separate injection of aquahol and diesel fuel into diesel engines, and carbureting aquahol into the turbocharger air intake of diesels. None of these techniques are commercially available in Canada. One United States company has developed conversion kits (about $1000) for a number of turbocharged diesel tractors; however, long-term effects on the engines are not yet known.

Total replacement of gasoline or diesel with aquahol in farm vehicles is a desirable option for those wishing complete self-sufficiency in liquid fuels. Specially designed engines that run on aquahol have been developed in Brazil and elsewhere, but are not available in Canada. Gasoline engines (spark ignition) can run on

aquahol (80% alcohol/20% water) after a "do-it-yourself" modification. Alcohol's cetane rating is too low to be used in a diesel engine (compression ignition) although a number of chemical additives that raise the cetane rating have been tested experimentally. Diesels can, however, run on aquahol when converted to a spark ignition system.

The engine modifications described above have been presented in a simplified fashion. The cost of modification ranges from $300 to $3000. The risks to operators, equipment, and engine warranties are unknown.

POTENTIAL HAZARDS

Health

Toxic vapors may escape from the fermenter, still or storage container. Ethers, from the distillation column, are powerful narcotics and in large doses can cause death. Continued exposure to small concentrations is relatively harmless but may cause thirst, fatigue and loss of appetite. Although exposure to high concentrations of ethanol vapor is not likely to cause death, continued inhalation will produce a narcotic effect, as well as headaches and irritation to the eyes, nose and throat. Many of the chemicals used in the process or as denaturants are corrosive, poisonous or may cause cancer. Carbon dioxide is given off in large quantities during fermentation. It is heavier than air, so that without proper ventilation it could build up in the building and cause asphyxiation. Higher than normal concentrations of carbon dioxide cause the heart rate to increase and may be dangerous to people with heart problems.

Fire and Explosion

Ethers, the first products to come off the distillation apparatus, are easily ignited and are very dangerous fire and explosion hazards. Alcohol is readily ignited and, in certain mixtures with air, is potentially explosive if exposed to a flame or strong spark. Alcohol also burns with a nearly invisible flame so that a fire may go undetected until severe damage has been done. Fortunately, alcohol fires can be extinguished with water. Caution must also be exercised when using other flammable chemicals in the process.

Safety Precautions and Regulations

An alcohol production or storage facility that is enclosed in a building is defined as a hazardous area. Always consult with provincial officials and comply to provincial safety codes. The two important codes in each province are modeled after the Canadian Electric Code and the National Fire Code.

To prevent accidents, have adequate ventilation to remove hazardous vapors. Ethers should be drawn off at source and vented to the outside. You may wish to install gas detectors and a warning system as added safety precautions.

Remove from the area all potential sources of ignition such as open flames, exposed parts of electrical equipment or installations (e.g. resistance space heaters), and any other potential source of spark. Where it is necessary to have electrical equipment or installations in the area, use only approved equipment. Other guidelines and regulations for hazardous locations are given by the provincial electric safety codes for items such as lighting fixtures, receptacles, switches, special wiring methods, and seals for electrical conduits and motors. Also, follow regulations on the safe storage of alcohols set by the national, provincial or local fire codes.

If the process uses steam under pressure, check the "Boiler and Pressure Vessels Act" in your province; this will set specific standards for equipment construction. Although some provinces have exempted boiler and pressure vessels used for agricultural purposes from their jurisdiction, inquire nevertheless to ensure that you have taken adequate safety measures.

DEFINITION OF TERMS

Alcohol - in this bulletin, refers to ethanol, CH_3CH_2OH, (other names: ethyl alcohol, grain spirits). Other alcohols include methanol, butanol, propanol, etc.

Anhydrous alcohol - refers to water-free (less than 0.5% water) alcohol. Distillation produces 95.6% alcohol, at which point an azeotrope (or azeotropic mixture) is formed. Further distillation will not remove any more water unless benzene or other chemicals are added to "break the azeotrope". There are also other techniques being developed to remove the remaining 4.4% water.

Aquahol - a generic name for mixtures of alcohol and water. The water content could range from 1 to 50% depending on the requirements of the particular engine.

Azeotrope - a mixture of two components (e.g. 95.6% ethanol/4.4% water) which can be boiled away without further change in alcohol concentration in either the vapor or liquid portion.

Beer - the fermented broth that consists of water, alcohol, and small amounts of ethers and assorted alcohols.

Cetane rating - (cetane number) a measure of a fuel's ease of self ignition. Diesel fuel, with a high cetane rating, is suitable for compression ignition engines, while alcohol and gasoline, with low cetane ratings are not suitable (see also octane rating).

Dewatering - the separation of free water from the solids portion of spent mash or whole stillage (by screening, centrifuge, filter press or other means). The remaining solids portion is a wet cake that still contains 50 to 80% moisture.

Diesohol - a mixture of diesel fuel and anhydrous alcohol. Both components must be free of water to remain stable as a blend.

Emulsification - is the mixing of two fluids that do not dissolve in each other (e.g. oil and water, diesel and aquahol, gasoline and aquahol). The

result is an emulsion where one fluid is dispersed in very fine droplets in the other fluid.

Enzyme - a protein found internally or secreted externally by living cells or organisms (yeast, bacteria, fungi) which is, in effect, a highly specific catalyst for biochemical reactions such as the conversion of starch to sugar.

Ethanol - see alcohol.

Gasohol - a registered trademark of Nebraska that refers to a mixture of 10% anhydrous alcohol and 90% unleaded gasoline. It has also become a generic term for other blends of gasoline and anhydrous alcohol.

Mash - a slurry of feedstock and water.

Microorganism - refers to any microscopic organism such as yeast, bacteria, fungi, antinomycete, etc.

Octane rating - (octane number) a measure of a fuel's resistance to self ignition, hence a measure as well of the antiknock properties of the fuel. Whereas diesel fuel has a low octane rating, gasoline and alcohol have high octane ratings and are suitable for spark ignition engines.

pH - a measure of acidity, where pH 1 is very acid, pH 7 is neutral, and pH 14 is very alkali.

Phase separation - when water is added to gasohol or diesohol, the alcohol/water mix separates from the gasoline or diesel fuel and settles to the bottom of the tank.

Spent mash - the residual "slop" of unfermented matter plus the microbial cell mass that has accumulated during fermentation. If the spent mash (and beer) is transferred directly to the distillation apparatus (where the alcohol is removed), the residual slop is now called "whole stillage" (or stillage), a suspension of less than 10% solids in water containing dissolved proteins.

Sterilize - to ensure that all unwanted microorganisms in the mash are killed before yeast is added. Since the mash will give microorganisms more protection from heat treatment than plain water, simply boiling the mash for 15 minutes may not be sufficient. Chemicals used to sterilize the mash can also prevent growth of the alcohol-producing yeast. *Note:* It is not necessary to sterilize the mash; however, it does minimize fermentation problems.

Stillage - see spent mash.

REGIONAL DIRECTORS OF CUSTOMS AND EXCISE

Information on the production and control requirements for alcohol may be obtained from any of the following:

Regional Director, Halifax,
R. Young,
Halifax Insurance Bldg.,
5670 Spring Garden Road,
P.O. Box 1658,
Halifax, Nova Scotia
B3J 2Z8 (902) 426-2143

Regional Director, Quebec,
P. Gagnon,
2815 Laurier Blvd.,
P.O. Box 9664,
Ste Foy Station,
Quebec, Quebec
G1V 4C2 (418) 694-3853

Regional Director, Montreal,
P.V. Bartolini,
Customs House,
400 Youville Square,
P.O. Box 6092,
Montreal, Quebec
H3C 3H3 (514) 283-6023

Regional Director, Ottawa,
R.J. McCloskey,
9th Floor, S.B.I. Bldg.,
Billings Bridge Plaza,
P.O. Box 8257,
Ottawa, Ontario
K1G 3H7 (613) 998-3538

Regional Director, Toronto,
L.E. Rainboth,
4th Floor,
25 St. Clair Ave. E.,
P.O. Box 100, Stn. "Q",
Toronto, Ontario
M4T 2L7 (416) 966-6380

Regional Director, Hamilton,
R. Davie,
Suite 840, Stelco Tower,
100 King St. W.,
P.O. Box 588,
Hamilton, Ontario
L8N 3K7 (416) 523-2325

Regional Director, London,
L.J. Kluger,
457 Richmond Street,
Dominion Public Bldg.,
3rd Floor,
P.O. Box 5548, Terminal "A",
London, Ontario
N6A 4R3 (519) 679-4145

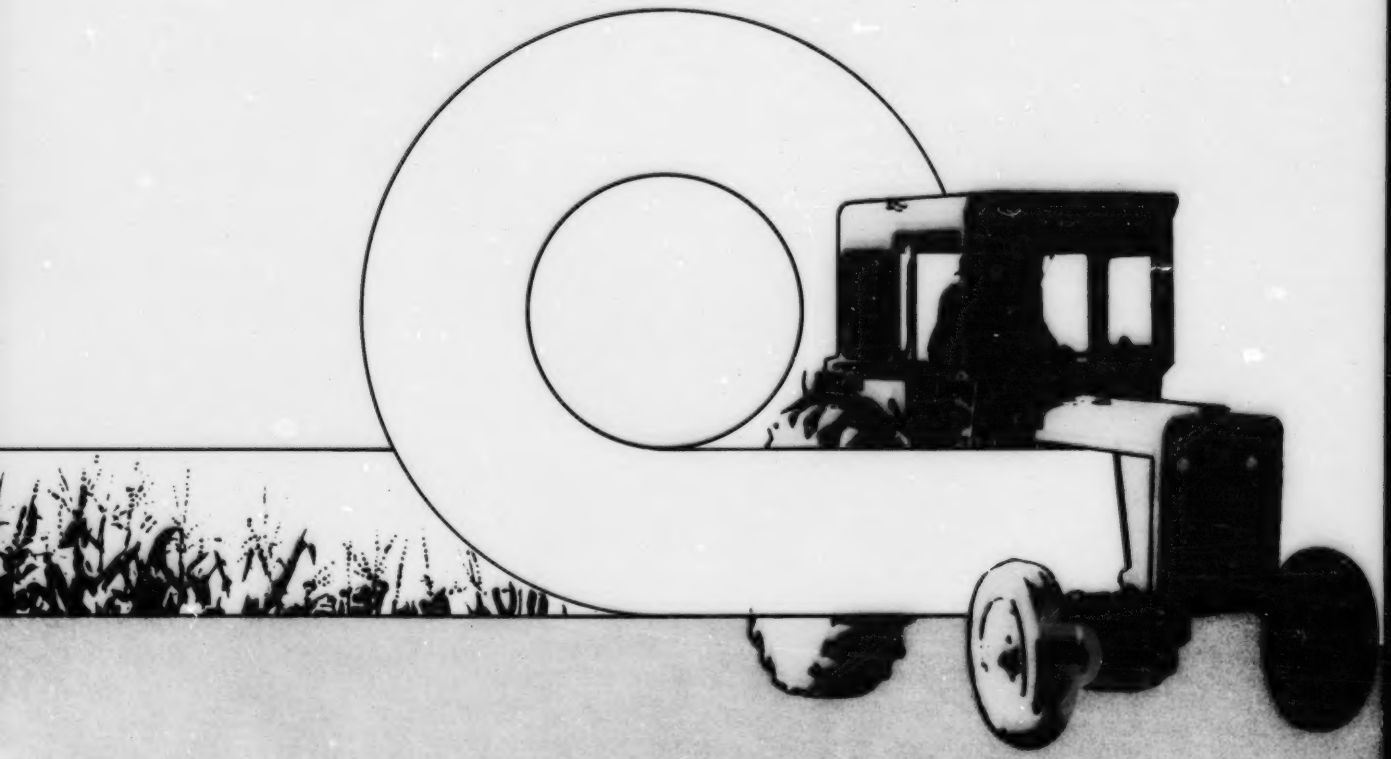
Regional Director, Winnipeg,
D. Fulton,
13th Floor,
Royal Bank Bldg.,
220 Portage Ave.,
Winnipeg, Manitoba
R3C 0A5 (204) 949-2972

Regional Director, Calgary,
C. Taylor,
Federal Building,
220-4th Avenue, South-East,
P.O. Box 2525, Station "M",
Calgary, Alberta
T2P 3B7 (403) 231-5669

Regional Director, Vancouver,
J.F.E. Heembrock,
460 Nanaimo Street,
P.O. Box 69090, Station "K",
Vancouver, British Columbia
V5K 4X2 (604) 666-3803

PRODUCTION ET UTILISATION D'ALCOOL COMBUSTIBLE À LA FERME

Possibilités et obstacles



Agriculture Canada

Publication 1712F

PRODUCTION ET UTILISATION D'ALCOOL COMBUSTIBLE À LA FERME

possibilités et obstacles

PUBLICATION 1712, on peut obtenir des exemplaires aux Services d'information, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1980
N° de cat. A15-1712/1980F ISBN: 0-662-50933-1
Impression 1980 Réimpression 1981 20M-4:81

PRODUCTION ET UTILISATION D'ALCOOL COMBUSTIBLE À LA FERME
Possibilités et obstacles

INTRODUCTION

Depuis la récente publicité qui s'est faite aux États-Unis sur le «gasohol» et les programmes «de production de carburants alcoolisés à la ferme,» de nombreux agriculteurs canadiens envisagent la possibilité de produire de l'alcool (éthanol) pour subvenir à leurs besoins. Un tel projet peut-il être rentable et assurer l'auto-suffisance énergétique à la ferme? Voilà l'une des nombreuses questions qu'il faut se poser avant de se lancer dans la production et l'utilisation de carburant alcoolisé.

Cette question est à double tranchant car elle présente en même temps de grandes possibilités et des problèmes qui s'appliquent différemment selon la situation. Il faut donc soigneusement peser le pour et le contre avant de prendre une décision. Nul doute que la production de carburant alcoolisé est à la portée de l'agriculteur; mais celui-ci doit en comprendre le mécanisme pour l'exploiter efficacement.

Il faut surtout ne pas perdre de vue que la production et le stockage de l'alcool présentent des risques. La présente publication expose certaines mesures sécuritaires à prendre. La plupart des agriculteurs connaissent déjà très bien ces risques car ils manipulent quotidiennement d'autres produits chimiques et carburants qui peuvent être dangereux.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROCÉDÉ DE FABRICATION

Il n'y a pas de *formule miracle* pour la production d'alcool. Le choix doit être adapté aux ressources (matière première et énergie), au capital investi, à l'utilisation des sous-produits et de l'alcool de chaque producteur en particulier. En règle générale, il est recommandé de suivre les étapes suivantes:

1. Préparer la matière première par broyage ou mouture (céréales, maïs, etc.), hachage (pommes de terre, topinambours) ou pressage pour en extraire les jus sucrés (betteraves à sucre, sorgho sucré, fruits).
2. Convertir l'amidon en sucre (pour toute la matière première sauf les plantes sucrières). Pour ce faire, on ajoute de l'eau, une enzyme (malt d'orge ou enzymes du commerce), on ajuste le pH (acidité) par l'addition d'acide ou d'alcalis et on procède à la cuisson pendant un laps de temps donné. La société qui fournit l'enzyme donne également le mode d'emploi exact.
3. Ajouter de l'eau pour que la concentration finale du sucre dans la «pâtée» soit d'environ 20 à 22 %. Bien que la cuisson détruise bon nombre des micro-organismes qui peuvent abaisser le rendement d'alcool, il est recommandé de stériliser la pâtée.
4. Pour assurer un taux de production maximal d'éthanol, ajuster le pH à 4 ou 5 et maintenir la température entre 27 et 32°C. Il peut arriver qu'on doive ajouter de faibles quantités de substances nutritives comme de l'urée ou des sels d'ammonium.
5. Ajouter de la levure à la pâtée dans un réservoir clos (fermentateur) et la laisser fermenter 2 à 3 jours (cela peut aller jusqu'à 6 jours ou plus si la

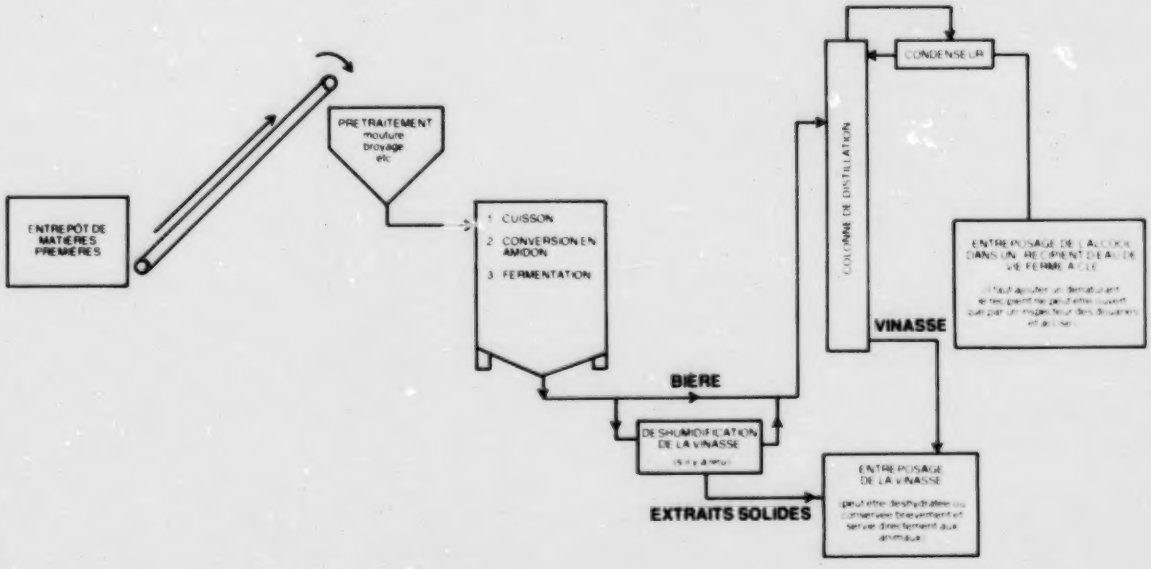


Figure 1. Diagramme de fabrication simple

levure, le pH, la température ou la composition des substances nutritives posent des difficultés). Laisser le bioxyde de carbone s'échapper tout en empêchant l'entrée d'air. Deux litres d'alcool produisent environ 1 m^3 de CO_2.

6. Une fois la fermentation terminée, le fermentateur contiendra un mélange de 10 à 12 % d'alcool et d'eau («bière») plus un résidu («vinasse»). A ce stade, on peut séparer la bière des extraits solides ou transférer le mélange comme tel dans un appareil à distiller (alambic) où l'alcool se sépare de la vinasse.
7. La vinasse est ensuite déshydratée pour prévenir sa détérioration au cours de l'entreposage ou servie directement aux bestiaux dans leur ration. Dans ce dernier cas, elle peut être partiellement déshydratée (par centrifugation, pressage au travers d'un filtre ou d'autres moyens) pour réduire la teneur en eau de la ration, bien qu'une certaine quantité d'éléments nutritifs solubles soit alors perdue.

Les principaux apports énergétiques du procédé surviennent au stade de la cuisson et de la distillation (et pendant la déshydratation de la vinasse, le cas échéant). La fermentation dégage un peu de chaleur et, si la température ambiante est élevée (p. ex. une chaude journée d'été), mieux vaut prévoir un système de refroidissement.

POSSIBILITÉS

La production d'alcool à la ferme peut, dans une certaine mesure, réduire la dépendance vis-à-vis les sources traditionnelles de carburant. On travaille actuellement à la mise au point de moteurs qui fonctionnent à l'alcool pur ou aux mélanges d'alcool et d'eau («aquahol»), bien qu'ils ne soient pas encore disponibles sur le marché canadien. Certains ont réussi à modifier des moteurs à essence et au diesel et à les faire fonctionner à même diverses combinaisons de carburant (essence ou diesel), alcool et eau. Des sociétés sont à mettre au point des trousses de conversion pour les moteurs existants. Si l'opération s'avère rentable, on pourra mélanger jusqu'à 10 % et peut-être même 20 % d'alcool anhydre (exempt d'eau) produit à la ferme avec de l'essence, et utiliser ce mélange dans les moteurs à essence en n'y effectuant que le légères retouches. Le mélange de «gasohol» ne semble pas endommager le moteur, mais on n'en connaît pas encore avec précision les effets à long terme. L'alcool peut également fournir une source de carburant pour le séchage du grain ainsi que pour le chauffage des bâtiments, des serres et de l'eau. Toutefois, dans ces cas, il est préférable de brûler de la paille, des éteules ou du bois.

Afin de réduire les frais d'immobilisation, on peut utiliser de l'acier bon marché ou de la fibre de verre plutôt que le l'acier inoxydable pour fabriquer certaines composantes du système. Mais en raison des risques possibles et de l'usure rapide attribuable à la corrosion, on recommande d'utiliser l'acier inoxydable pour la plupart des composantes, en particulier l'appareil de distillation. Beaucoup d'agriculteurs seront capables de construire eux-mêmes certaines des composantes du système. L'odeur, la limpidité et le goût amer des huiles de fusel (alcools supérieurs) ne posent pas de problèmes dans la production d'alcool combustible.

Lorsqu'il est pratique de le faire, on peut utiliser les résidus de culture (paille, éteules) ou du bois pour alimenter une chaudière à vapeur nécessaire pour la distillerie.

Les stocks de récolte invendus, les céréales avariées et d'autres produits de qualité inférieure

Tableau 1 Rendement potentiel d'alcool à partir de grandes cultures*

Culture	Rendement (L/t)
Amidon	680
Sucre	610
Blé de printemps	380
Blé d'hiver	410
Avoine	270
Orge	390
Mélanges de céréales (Ouest)	350
Mélanges de céréales (Est)	330
Seigle	390
Maïs	430
Sarrasin	350
Pois, haricots	350
Pommes de terre	110
Légumes-racines	30
Betteraves à sucre	70

*Le rendement suppose une efficacité théorique maximale de conversion en alcool de 95 %. Le rendement obtenu à la ferme se rapprocherait davantage de 50 à 85 %.

comme les rejets de pommes de terre peuvent servir à la production d'alcool.

Dans une ferme intégrée de production animale et végétale (cultures commerciales), on peut convertir une partie de la récolte en alcool et utiliser la vinasse humide (riche en protéines) comme aliment du bétail.

L'établissement coopératif d'une usine centralisée d'alcool constitue un moyen d'accroître la production. En plus d'équilibrer l'approvisionnement d'alcool et de matière première en fonction des besoins, une telle usine offre l'avantage de réduire les frais encourus par chaque producteur. La coopérative ou toute autre forme d'association permet en outre aux producteurs d'engager une personne qualifiée pour faire fonctionner le système et d'éviter ainsi presque tous les problèmes techniques susceptibles de se présenter.

Une bonne solution consisterait à intégrer la production d'alcool à celle du méthane par la digestion de déchets animaux. Le méthane pourrait fournir une partie de l'énergie nécessaire au digesteur et aux opérations de cuisson-distillation. Mais la digestion anaérobie du méthane à la ferme n'est pas encore rentable au Canada.

Des technologies plus rentables de production et d'utilisation de carburants alcoolisés sont actuellement mises au point. Reste à savoir si elles seront applicables à la ferme. Certains agriculteurs sont aux prises avec la décision de construire maintenant leurs propres ateliers de fabrication d'alcool pour tirer profit du carburant produit à la ferme ou d'attendre et de bénéficier des nouvelles technologies au fur et à mesure qu'elles seront mises sur le marché.

OBSTACLES POSSIBLES ET AUTRES CONSIDÉRATIONS

A ce jour, il y a peu d'antécédents de production d'alcool à la ferme et le programme américain n'en est qu'à ses débuts. Bien qu'il existe un grand nombre de nouveaux fournisseurs de matériel de production sur le marché américain, certains ont une réputation pour le moins douteuse. Avant d'acheter du matériel d'une société, vérifier minutieusement ses antécédents et garanties.

Le coût de l'équipement nécessaire pour produire de l'alcool, en l'occurrence le fermentateur, l'alambic, les appareils de broyage et l'entrepôt, n'est pas clairement établi. Pour une production de 100 à 900 L/jour, le coût d'immobilisation peut varier d'un minimum de $10 000 pour une installation manuelle, à plus de $100 000 pour une exploitation entièrement automatisée. Outre le service de la dette (intérêts), il faut tenir compte du manque à gagner résultant de l'impossibilité de vendre la partie de la récolte transformée en alcool, en plus des coûts additionnels qu'entraînent l'amortissement, l'exploitation, les intrants énergétiques, les produits chimiques, les enzymes, l'assurance, l'obtention de permis, le cautionnement, la gestion et la main-d'oeuvre. Le fait d'alimenter le bétail avec la vinasse humide compensera une partie des coûts engagés. La ferme étant une entreprise commerciale, d'autres possibilités d'investissement, la main-d'oeuvre, le temps et la matière première jouent un rôle important dans la décision de produire de l'alcool. *Il ne faut pas se lancer dans la production commerciale d'alcool à la ferme sans une bonne planification économique*.

Pour que la taille de l'exploitation soit adaptée aux particularités de chaque ferme, on doit répondre à trois questions fondamentales:

1. Combien de carburant alcoolisé la ferme peut-elle utiliser?
2. Combien de carburant la matière première disponible peut-elle produire?
3. Le nombre d'animaux est-il suffisant dans la ferme ou le voisinage immédiat pour utiliser le sous-produit (vinasse) comme aliment du bétail?

Il peut être difficile d'obtenir un prêt puisque les établissements de crédit n'ont pas d'antécédents dans le financement de petites distilleries agricoles. Cette situation est attribuable aux incertitudes qui caractérisent le marché des excédents d'alcool combustible dénaturé, la technologie de la production et l'utilisation définitive de l'alcool par le matériel agricole existant. Le risque économique n'est pas encore bien défini.

Aux États-Unis, il est prouvé que l'apprentissage du métier de producteur d'alcool peut s'avérer très onéreux et frustrant. Des difficultés techniques insoupçonnées peuvent survenir dans la fermentation et la distillation. Par exemple, on rencontre parfois de mauvaises cuvées de fermentation. En outre, les protéines solubles et les extraits secs de la «bière» peuvent bourrer les plateaux de la colonne de distillation, nécessitant un nettoyage périodique (tous les 2 ou 3 jours). Les débordements accidentels de pâtée non fermentée ou de jus de distillerie augmentent le risque de contamination par des organismes indésirables. La propreté et la désinfection sont donc d'une extrême importance et celui qui les met en pratique sera le mieux en mesure de surmonter ces obstacles. Il est recommandé d'acquérir certaines connaissances dans les domaines de la chimie, ingénierie, microbiologie et plomberie.

En vertu de la législation actuelle, l'alcool doit être recueilli dans un «récipient d'eau de vie fermé à clé» qui ne peut être ouvert que par un inspecteur des douanes et accise. L'alcool doit également être dénaturé (rendu imbuvable) par l'addition de certains produits chimiques si l'on veut qu'il soit exempté du droit d'accise. Le producteur doit obtenir un permis de distillateur ($250 par année), et un cautionnement minimal de $200 000. (Ce genre de cautionnement coûte $500 par année.) On étudie actuellement la possibilité de modifier la loi pour réduire la valeur du cautionnement et abaisser les

exigences d'autorisation relativement à la production expérimentale d'alcool combustible. On peut obtenir de plus amples renseignements auprès des directeurs régionaux des douanes et accise qui figurent à la fin de la présente publication.

La production d'alcool nécessite plus d'énergie qu'elle n'en procure par sa combustion. Mais à la ferme, ce «bilan énergétique négatif» s'avère très favorable si l'on ne considère que l'essence et le diesel, ces carburants que l'alcool est censé remplacer, comme intrants énergétiques. En outre, l'utilisation de matières premières communes (excédents ou produits avariés, rejets, etc.), de résidus de culture ou de bois pour produire l'énergie nécessaire à la cuisson et à la distillation, aide à rendre le bilan encore plus favorable.

Mise en garde: Il est impossible de compter chaque année sur des excédents de récolte invendus. Advenant la montée des prix des cultures, la production d'alcool devient alors plus onéreuse. Pour fair fonctionner l'exploitation à longueur d'année, on doit disposer d'un approvisionnement continu de matière première et de résidus de culture, ce qui nécessite des installations de manutention et de stockage adéquates, ainsi que des investissements additionnels.

Lors de la cueillette des résidus, il faut respecter certaines limites d'utilisation et de protection du sol. Le capital, le temps, la main-d'oeuvre et le carburant supplémentaires nécessaires à ce travail entrent également en ligne de compte.

L'utilisation de la vinasse humide dans l'alimentation du bétail constitue de toute évidence une mesure économique importante. Le fait de ne pas sécher ce sous-produit permet également une économie d'énergie considérable. En règle générale, la vache adulte peut consommer quotidiennement le sous-produit de la production de 4,5 L d'alcool, le veau d'engrais 3,2 L, le porc 1,8 L et le poulet 0,2 L. Étant donné que la vinasse humide se détériore et perd rapidement sa qualité nutritive, on doit la servir au bétail dans les 24 ou 48 h suivant sa fabrication et éviter d'en produire plus que nécessaire. En raison du goût unique de la vinasse, il se peut que les animaux très productifs délaissent leurs aliments habituels lorsqu'on la sert de façon intermittente. La réfrigération ou l'addition d'agents de conservation (encore indéterminés) pourrait aider à atténuer ces problèmes. On peut donner de la vinasse entière (10 % d'extraits solides) directement aux animaux sans déshumidification partielle, mais en règle générale la teneur en eau ne doit pas dépasser quatre fois l'ingestion d'extraits solides dans la ration totale. Cela varie évidemment selon le type d'animal et son poids. Éviter de servir de la vinasse de fermentation de céréales moisies aux animaux, car elle contient les toxines originales (poisons) des plantes infectées.

UTILISATION D'ALCOOL DANS LES MOTEURS

La figure 2 présente certaines possibilités d'utilisation du carburant alcoolisé. Le «diesohol» (mélange d'alcool et de diesel) ne convient pas à l'utilisation agricole. L'alcool et le diesel ne se mélangent, pas à moins que les deux carburants ne soient pratiquement déshydratés et conservés comme tels. Bien qu'il soit moins exigeant que le diesohol, le «gasohol» (alcool et essence) ne tolérera qu'une faible quantité d'eau avant que le mélange ne se sépare en deux phases. Ce problème devient particulièrement épineux par temps froid. La distillation peut produire de l'alcool pur à 95,6 %, mais l'extraction du 4,4 % d'eau qui reste nécessite des apports d'énergie additionnels et un investissement important. De nouvelles techniques d'économie d'énergie sont actuellement mises au point, mais elles n'ont pas encore fait leur apparition sur le marché.

Pour résoudre le problème de la séparation des phases en présence d'eau, un certain nombre de possibilités intéressantes sont à l'étude, comme les additifs chimiques, l'émulsification de l'aquahol et du diesel ou de l'essence juste avant l'injection, l'injection séparée d'aquahol et de diesel dans les moteurs diesels, et la carburation de l'aquahol dans la prise d'air du turbocompresseur des moteurs diesels. Aucune de ces techniques n'est actuellement sur le marché canadien. Une société américaine a mis au point des trousses de conversion (environ $1000) adaptées à un certain nombre de tracteurs diesels à turbocompression, mais les effets à long terme sur les moteurs ne sont pas encore connus.

Le remplacement total de l'essence ou du diesel par l'aquahol dans les véhicules agricoles est un objectif souhaitable pour ceux qui désirent obtenir leur auto-suffisance en carburants liquides. Des moteurs spécialement conçus qui fonctionnent à l'aquahol ont été mis au point au Brésil et ailleurs, mais ne sont pas encore disponibles au Canada. Les moteurs à essence (allumage par étincelles) peuvent fonctionner à l'aquahol (80 % d'alcool et 20 % d'eau) après avoir subi une modification mineure. L'indice de cétane de l'alcool est trop faible pour qu'on puisse l'utiliser dans un moteur diesel (allumage par compression), même si un certain nombre d'additifs chimiques pouvant relever cet indice ont fait l'objet de tests expérimentaux. Par contre, les moteurs diesels peuvent fonctionner à l'aquahol lorsqu'ils sont transformés au système d'allumage par étincelles.

Les modifications du moteur susmentionnées ont été présentées d'une manière succincte et simplifiée. En réalité, il en coûte de $300 à $3000 pour effectuer les modifications nécessaires et les risques courus par les opérateurs et le matériel, ainsi que les garanties relatives au moteur, restent encore à établir.

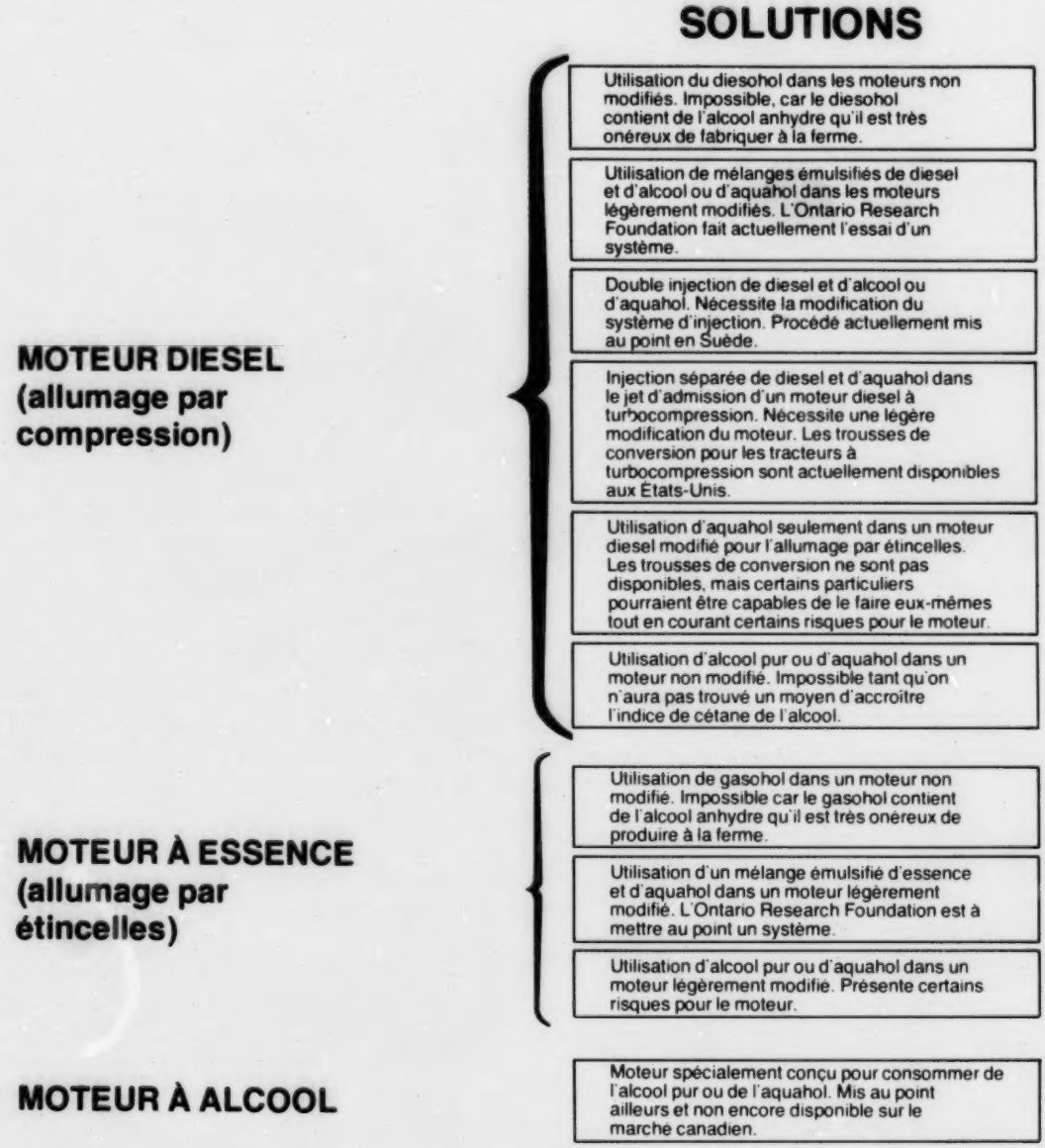


Figure 2. Utilisation d'alcool dans les moteurs

DANGERS POSSIBLES

Santé

Des vapeurs toxiques peuvent se dégager du fermentateur, de l'alambic ou du récipient d'alcool. Les éthers produits dans la colonne de distillation sont de puissants narcotiques et leur inhalation peut être fatale. L'exposition prolongée à de faibles concentrations est relativement inoffensive, mais peut causer la soif, la fatigue et l'anorexie. Bien que l'exposition à de fortes concentrations de vapeur d'éthanol puisse rarement causer la mort, l'inhalation prolongée produira un effet narcotique, des maux de tête et une irritation des yeux, du nez et de la gorge. Beaucoup de produits chimiques utilisés dans le procédé ou comme dénaturants sont corrosifs, toxiques ou cancérigènes. En outre, de grandes quantités de bioxyde de carbone se dégagent au cours de la fermentation. Sans ventilation adéquate, ce gaz plus lourd que l'air pourrait s'accumuler dans le bâtiment et causer l'asphyxie. Des concentrations de bioxyde de carbone plus élevées que la normale accélèrent le rythme cardiaque et peuvent être dangereuses pour les personnes qui présentent des problèmes cardiaques.

Incendie et explosion

Les éthers, premiers produits de la distillation, s'enflamment facilement et constituent des risques considérables d'incendie et d'explosion. L'alcool

s'enflamme aussi facilement et, dans certains mélanges avec l'air, peut devenir explosif par suite de l'exposition à la flamme ou à une grosse étincelle. L'alcool brûle d'une flamme presque invisible. Un incendie peut donc se propager et causer des dégâts considérables avant d'être décelé. Heureusement, les incendies ayant l'alcool comme combustible peuvent s'éteindre avec de l'eau. Outre l'alcool, d'autres produits chimiques inflammables doivent aussi être utilisés avec prudence au cours de la fabrication.

Mesures de sécurité et réglementation

Le bâtiment abritant le matériel de production ou servant d'entrepôt à l'alcool est une zone de danger. Toujours consulter les agents provinciaux et se conformer aux codes de sécurité. Les deux codes principaux dans chaque province sont modelés sur le Code canadien de l'électricité et le Code national de prévention des incendies.

Pour prévenir tout accident fâcheux, il est recommandé d'assurer une bonne ventilation. Les éthers devraient être aspirés à la source et expulsés à l'extérieur. On peut installer des détecteurs de gaz et un système d'alarme comme précaution supplémentaire.

Enlever de la zone dangereuse toutes les sources possibles d'inflammation comme la flamme nue, les parties exposées de matériel ou d'installations électriques (p. ex. les chaufferettes à résistance), et tout autre objet susceptible de produire des étincelles. Lorsque la zone doit être munie d'installations électriques, n'utiliser que du matériel approuvé. D'autres directives et règlements applicables aux endroits dangereux figurent dans les codes provinciaux de l'électricité pour des articles comme les appareils d'éclairage, prises de courant, commutateurs, méthodes spéciales de câblage et dispositifs d'étanchéité pour les conduits électriques et les moteurs. Se conformer aux règlements sur l'entreposage sécuritaire des alcools établis par les codes national, provinciaux ou locaux de prévention des incendies.

En cas d'utilisation de vapeur sous pression, consulter la «Loi sur les chaudières et les récipients à pression» de votre province pour connaître les normes particulières à la construction du matériel. Bien que certains récipients à pression et chaudières utilisés à des fins agricoles ne soient pas visés par les règlements de certaines provinces, mieux vaut se renseigner pour s'assurer de prendre les mesures sécuritaires suffisantes.

DÉFINITIONS

Alcool — dans la présente publication, désigne l'éthanol (CH_3CH_2OH), aussi appelé alcool éthylique et esprit de grain. Les autres alcools comprennent le méthanol, le butanol, le propanol, etc.

Alcool anhydre — désigne l'alcool déshydraté (moins de 0,5 % d'eau). La distillation produit de l'alcool à 95,6 %, point de formation d'un azéotrope (ou mélange azéotropique). Une distillation plus poussée ne parvient pas à extraire plus d'eau à moins qu'on y ajoute du benzène ou d'autres produits chimiques pour «scinder l'azéotrope». D'autres techniques sont également mises au point pour extraire les 4,4 % d'eau qui restent.

Aquahol — nom générique pour désigner les mélanges d'alcool et d'eau. La teneur en eau peut varier de 1 à 50 % selon les besoins du moteur.

Azéotrope — mélange de deux composantes (p. ex. 95,6 % d'éthanol et 4,4 % d'eau) qui peut être réduit par cuisson sans autre modification dans la concentration alcoolique de la phase vapeur ou liquide.

Bière — bouillon fermenté qui se compose d'eau, d'alcool et de faibles quantités d'éthers et d'alcools divers.

Déshumidification — séparation de l'eau libre de la portion solide de la vinasse ou du jus entier de distillation (par tamisage, centrifugation, pressage à travers un filtre ou autres moyens). La portion solide qui reste est une drêche humide qui contient encore 50 à 80 % d'humidité.

Diesohol — mélange de diesel et d'alcool anhydre. Les deux constituants doivent être déshydratés pour demeurer stables en mélange.

Émulsification — mélange de deux liquides insolubles l'un dans l'autre (p. ex. l'huile et l'eau, le diesel et l'aquahol, l'essence et l'aquahol). Le résultat est une émulsion dans laquelle un liquide est dispersé en très fines gouttelettes dans l'autre liquide.

Enzyme — protéine trouvée dans (ou secrétée par) les cellules vivantes ou organismes (levure, bactérie, champignon) et qui constitue un catalyseur hautement spécifique des réactions biochimiques, telle la conversion de l'amidon en sucre.

Éthanol — voir alcool.

Gasohol — marque de commerce déposée du Nebraska qui désigne un mélange de 10 % d'alcool anhydre et de 90 % d'essence sans plomb. C'est également devenu un terme générique pour désigner d'autres mélanges d'essence et d'alcool anhydre.

Indice de cétane — mesure de la facilité du carburant à s'auto-enflammer. Le diesel à indice de cétane élevé convient aux moteurs à allumage par compression, alors que l'alcool et l'essence qui affichent des indices faibles ne conviennent pas (voir aussi l'indice d'octane).

Indice d'octane — mesure de la résistance du carburant à l'auto-inflammation, donc une mesure des propriétés anticognement du carburant. L'indice d'octane du diesel est faible; par contre, celui de l'essence et de l'alcool est élevé, ce qui convient aux moteurs à allumage par étincelles.

Micro-organisme — désigne tout organisme microscopique, tels les levures, bactéries, champignons, actinomycètes, etc.

Pâtée — bouillie de matière première et d'eau.

pH — mesure de l'acidité. Le pH 1 est très acide, le pH 7 est neutre et le pH 14 très alcalin.

Séparation des phases — lorsqu'on ajoute de l'eau au gasohol ou au diesohol, le mélange alcool-eau se sépare de l'essence ou du diesel et se dépose au fond du réservoir.

Stériliser — assurer que tous les micro-organismes indésirables de la pâtée sont détruits avant l'addition de levure. Puisque la pâtée assure aux micro-organismes plus de protection contre le traitement thermique que l'eau ordinaire, le fait de bouillir la pâtée pendant 15 minutes peut ne pas s'avérer suffisant. Les produits chimiques utilisés pour stériliser la pâtée peuvent également empêcher la croissance de la levure productrice d'alcool. A noter que la stérilisation de la pâtée n'est pas nécessaire mais permet de réduire au minimum les problèmes de fermentation.

Vinasse — «jus» résiduel de matière non fermentée, plus la masse de cellules microbiennes qui s'est accumulée au cours de la fermentation. Si la vinasse (et la «bière») est directement transférée dans l'appareil de distillation (où l'alcool est extrait), le jus résiduel est appelé «vinasse entière», suspension de moins de 10 % d'extraits solides en solution aqueuse contenant des protéines dissoutes.

DIRECTEURS RÉGIONAUX DES DOUANES ET ACCISE

Pour obtenir des renseignements sur la production d'alcool et les exigences réglementaires, s'adresser à l'un des bureaux régionaux de douanes et accise:

R. Young,
Directeur régional
Halifax Insurance Bldg.
5670, Spring Garden Road
B.P. 1658
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2Z8 (902) 426-2143

P. Gagnon,
Directeur régional
2815, boul. Laurier
B.P. 9664,
Succursale Sainte-Foy
Québec, (Québec)
G1V 4C2 (418) 694-3853

P.V. Bartolini,
Directeur régional
Bureau des douanes
400, Place d'Youville
B.P. 6092,
Montréal (Québec)
H3C 3H3 (514) 283-6023

R.J. McCloskey,
Directeur régional
9e étage, édifice S.B.I.
Billings Bridge Plaza,
B.P. 8257,
Ottawa (Ontario)
K1G 3H7 (613) 998-3538

L.E. Rainboth,
Directeur régional
4e étage
25 est, av. St. Clair
B.P. 100, Station «Q»
Toronto (Ontario)
M4T 2L7 (416) 966-6380

R. Davie,
Directeur régional
Suite 840, Stelco Tower,
100 ouest, rue King
B.P. 588,
Hamilton (Ontario)
L8N 3K7 (416) 523-2325

L.J. Kluger,
Directeur régional
457, rue Richmond
Dominion Public Bldg.,
3e étage
B.P. 5548, Terminal «A»,
London (Ontario)
N6A 4R3 (519) 679-4145

D. Fulton,
Directeur régional
13e étage
Éd. de la Banque Royale
220, av. Portage
Winnipeg (Manitoba)
R3C 0A5 (204) 949-2972

C. Taylor,
Directeur régional
Édifice fédéral
200, 4e avenue, sud-est
B.P. 2525, Station «M»,
Calgary (Alberta)
T2P 3B7 (403) 23l-5669

J.F.E. Heembrock,
Directeur régional
460, rue Nanaimo
B.P. 69090, Station «K»,
Vancouver (Colombie-Britannique)
V5K 4X2 (604) 666-3803